UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
ИМК INSTITUT ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE
Laboratorija za materijale
Telefon (011) 33-70-152; (011) 33-70-097
Telefaks (011) 33-70-253
e-mail: office@imk.grf.bg.ac.rs
Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
-ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
Бр. 131598/3-16
16 MAY 2016 год.
БЕОГРАД
Булевар краља Александра 73

IZVEŠTAJ - br. 057/2016

O EKSPERIMENTALNOM ISPITIVANJU ELEMENATA ALUMINIJUMSKE POTKONSTRUKCIJE "TABAŠ"

Naručilac ispitivanja / Investitor	**TABAŠ d.o.o,** Trajka Rajkovića 3 11070 NOVI BEOGRAD
Predmet ispitivanja	Ispitivanje elemenata aluminijumske potkonstrukcije za ventilisanu kamenu fasadu sistema "Tabaš"
Broj ugovora / ponude	Ponuda br. 131598/2-16 od 11.05.2016.

Izveštaj odobrio

Tehnički rukovodilac Laboratorije:

Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ.

UPRAVNIK INSTITUTA

Prof. dr Zlatko Marković, dipl.inž.građ.

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Prof. dr Branko Božić, dipl.inž.geod.

SADRŽAJ

NASLOVNA STRANA 1

Potvrda 3

IZVEŠTAJ 4

1. Opšti podaci 4
2. Ispitivanje nosivosti elementa TNp 4
3. Ispitivanje sklopa N.40.3 8

Na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik Republike Srbije", br. 72/09, 81/09, 64/10 US, 24/11, 121/12, 42/13 US, 50/13 US, 54/13, 98/13 US, 132/14 i 145/14) izdaje se

P O T V R D A

Da su saradnici Instituta za materijale i konstrukcije, zaposleni na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Odgovorni nosilac zadatka: Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ.

Izvršioci ispitivanja:

Savo Stavnjak, laborant

Analiza i zaključak: Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ.

izradili TEHNIČKU DOKUMENTACIJU pod nazivom:

I Z V E Š T A J - br. 057/2016

O EKSPERIMENTALNOM ISPITIVANJU ELEMENATA ALUMINIJUMSKE POTKONSTRUKCIJE "TABAŠ"

Navedena dokumentacija je izrađena u skladu sa zahtevom Naručioca i odredbama pomenutog Zakona. Za stručnog konsultanta prilikom izrade predmetne dokumentacije određuje se:

Prof. dr Mihailo Muravljov, dipl.građ.inž.

Beograd, maj 2016.

UPRAVNIK INSTITUTA

Prof. dr Zlatko Marković, dipl.inž.građ.

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Prof. dr Branko Božić, dipl.inž.geod.

I Z V E Š T A J

1. OPŠTI PODACI

Na osnovu zahteva Naručioca – firme Tabaš d.o.o. iz Beograda (naš br. 131598/16 od 11.05.2012. godine), izvršeno je ispitivanje elemenata aluminijumske potkonstrukcije ventilisane kamene fasade sistema "Tabaš". Radi se o elementima-nosačima tipa TNp i TN15p, koji su spojeni međusobno pod uglom od 90° radi postizanja većeg udaljenja od konstrukcije objekta.

Izveštaj sadrži rezultate eksperimentalnih ispitivanja dostavljenih elemenata predmetnog sistema, kao i odgovarajuće računske analize i zaključke, a sve saglasno usvojenom programu koji je predvideo sledeće:

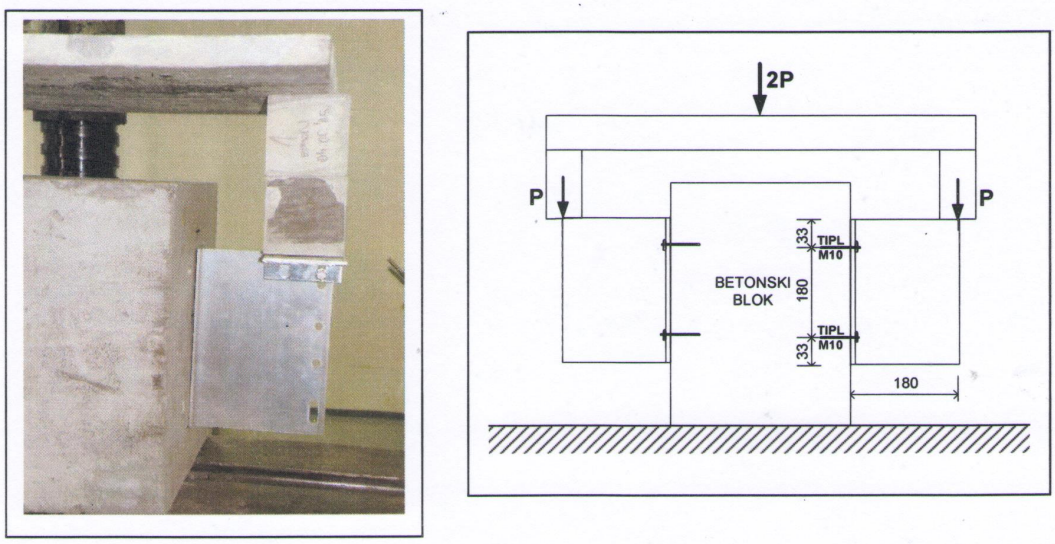
1. Analiza raspoložive tehničke dokumentacije dostavljene od strane Naručioca.
2. Ispitivanje sklopa (spoja) N.40.3 koji se sastoji od dva nosača tipa TNp i TN15p koji su spojeni međusobno pod uglom od 90° radi postizanja većeg udaljenja od konstrukcije objekta.
3. Ispitivanje nosivosti nosača tipa TNp.
4. Izrada izveštaja o izvršenim ispitivanjima sa stručnim mišljenjem o nosivosti ispitanih elemenata ventilisane kamene fasade sistema "Tabaš".

2. ISPITIVANJE NOSIVOSTI ELEMENTA TNp

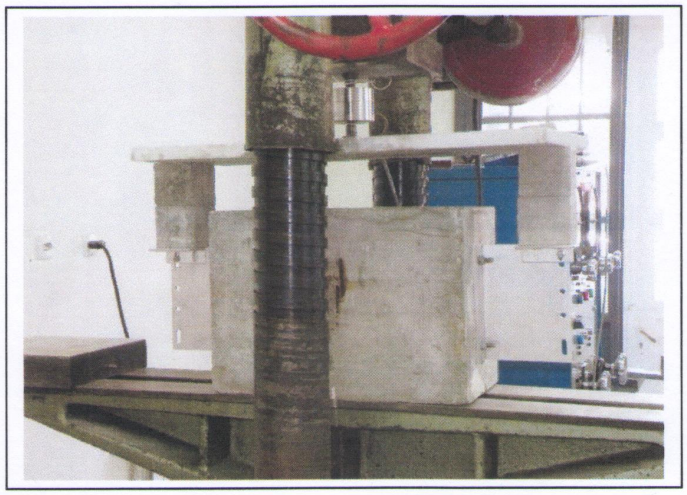
Obavljena su dva ispitivanja nosivosti elementa potkonstrukcije tipa TNp prema - dve različite dispozicije. Prvi način (dispozicija) ispitivanja prikazan je na slikama 1 i 2. Element tipa TNp ulazi u sastav sklopa N.40.3 (videti sliku 6), preko koga se predmetni sklop povezuje sa armiranobetonskim zidovima ili stubovima objekata.

Element o kome je reč prikazan je na slici 1a, dok je dispozicija ispitivanja predmetnog elementa prikazana je na slici 1b. Na slici 2, pak, daje se fotografija načinjena tokom predmetnog ispitivanja.

a) b)



Slika 1. Ispitivani element (a) i dispozicija ispitivanja (b)



Slika 2. Fotografija načinjena tokom ispitivanja

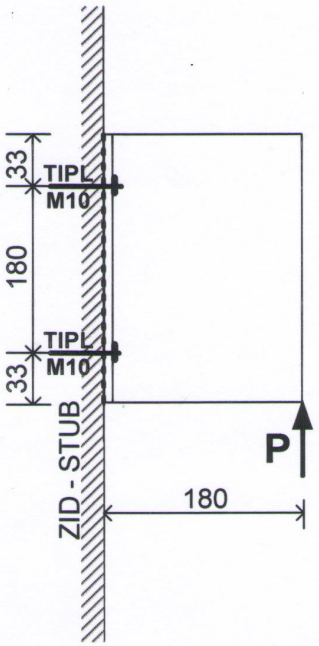
Pri ispitivanju o kome je reč "otkaz" elementa nastupio je pri sili $\mathbf{2P_{gr}}$ = 39,2 kN, odnosno pri sili $\mathbf{P_{gr}}$ = 39,2/2 = 19,6 kN, a usled "izvlačenja" iz betona zategnutog ankera-tipla M10, pa s obzirom na sliku 3 (videti proračun dat u okviru te slike), sila u tiplu koja odgovara sili $\mathbf{P_{gr}}$ ima vrednost $\mathbf{Z_{tipl}}$ = 0,90xP_{gr} = 0,90x19,6 = 17,64 kN. S obzirom da se u konkretnom slučaju radi o primeni

ankera-tipla proizvođača *Fischer*, čija dozvoljena nosivost na zatezanje prema katalogu proizvođača iznosi 8,50 kN, proizilazi da u slučaju ispitivanog elementa ostvarena sila u tiplu za slučaj sile $\mathbf{P_{gr}}$ = 19,6 kN premašuje deklarisanu dozvoljenu vrednost, pa će saglasno tome faktor sigurnosti predmetnog elementa s obzirom na nosivost primenjenih tiplova biti:

$$n = 17,64/8,50 = 2,08.$$

Drugi način (dispozicija) ispitivanja prikazan je na slikama 3 i 4. Ovo ispitivanje takođe se odnosi se na isti element TNp koji ulazi u sastav sklopa N.40.3, a sprovedeno je radi provere, odnosno verifikacije rezultata ostvarenog u prvom ispitivanju. Naime, ispitivanje o kome će u daljem biti reči sprovedeo je iz razloga da se na pouzdaniji način, putem dva praktično identična postupka, oceni stvarna nosivost predmetnog v i t a l n o g elementa u sastavu sklopa N.40.3.

Dispozicija ispitivanja elementa TNp u ovom slučaju prikazana je na slici 3, dok slika 4 prikazuje fotografiju načinjenu tokom predmetnog ispitivanja.



Krak sila u fazi kada se dostigne sila P_{gr}:
$z \approx 0,18 + 0,035/2 \approx 0,1975$m
$z \approx 0,20$m

Otkaz je nastupio »izvlačenjem« iz betona zategnutog tipla. Pri ovome je izmerena sila P_{gr} = 19,24kN.

Sila u tiplu koja odgovara P_{gr}:
$Z_{tipl} = 0,180xP_{gr}/0,20$
$Z_{tipl} = 0,90xP_{gr}$
Z_{tipl} =0,90x19,24 = 17,32kN

Sila P je aplicirana putem hidrauličke prese, a njen intenzitet je registrovan preko dinamometra!

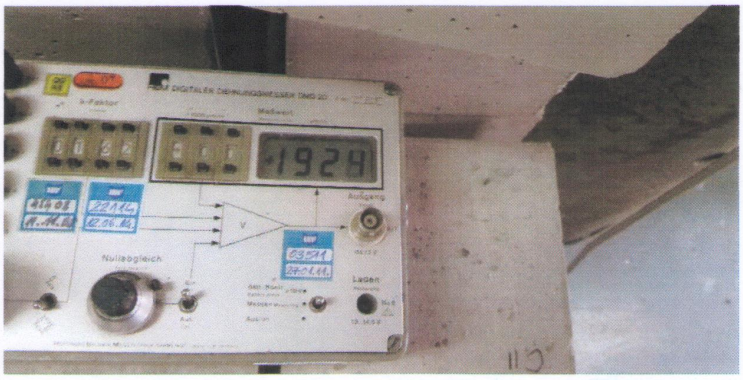
Dozvoljena sila u tiplu je 8,50kN, pa faktor sigurnosti ima vrednost 17,32/8,50 = 2,04.

Slika 3. Dispozicija ispitivanja elementa TNp koji se direktno pričvršćuje za zid - stub

Slika 4. Snimak načinjen prilikom ispitivanja (vide se i drugi elementi sklopa N.40.3 koji pri konkretnom ispitivanju nisu imali nikakvu funkciju)

U vezi sa predmetnim ispitivanjem izvedeni su sledeći zaključci:

- otkaz ispitivanog elementa nastupio je pri sili od 19,24 kN (slika 5), a usled "izvlačenja" iz betona zategnutog ankera-tipla M10;



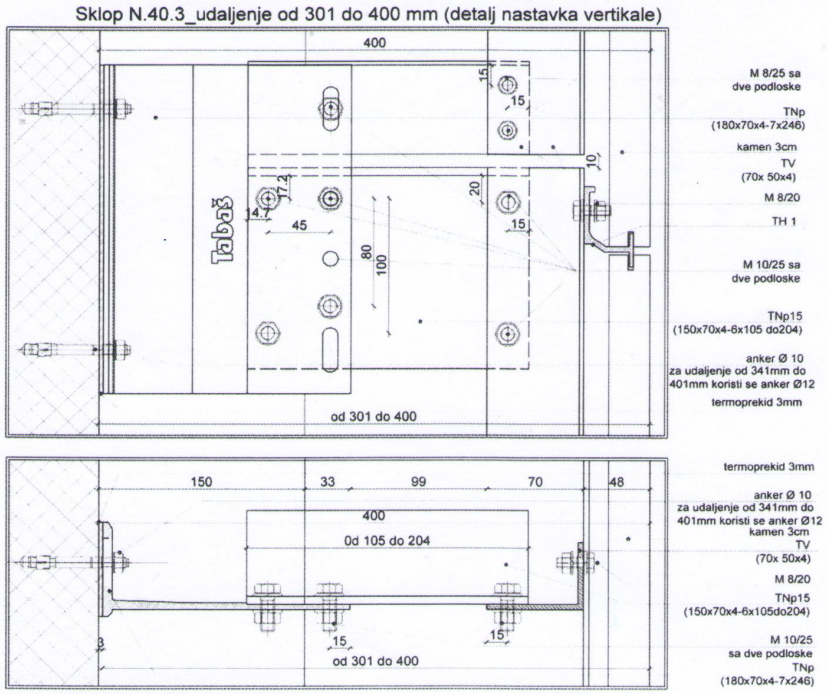
Slika 5. Sila P pri kojoj je došlo do "izvlačenja" zategnutog tipla M10 iz betona

- s obzirom da je granična sila koju dati konstrukcijski element može da prihvati $\mathbf{P_{gr}}$ = 19,24 kN (sila koja odgovara početku "izvlačenja" zategnutog tipla iz betona), navedenoj sili "izvlačenja" će odgovarati sila zatezanja u tiplu M10 $\mathbf{Z_{tipl}}$ = 17,32 kN (videti sl. 3);

- s obzirom da je u konkretnom slučaju reč o ankeru-tiplu proizvođača *Fischer*, čija dozvoljena nosivost na zatezanje prema katalogu proizvođača iznosi 8,50 kN, proizilazi da u slučaju ispitivanog elementa ostvarena sila u tiplu za slučaj sile $\mathbf{P_{gr}}$ = 19,24 kN premašuje deklarisanu dozvoljenu vrednost, pa će saglasno tome faktor sigurnosti predmetnog elementa s obzirom na nosivost primenjenih tiplova biti

$$n = 17{,}32/8{,}50 = 2{,}04.$$

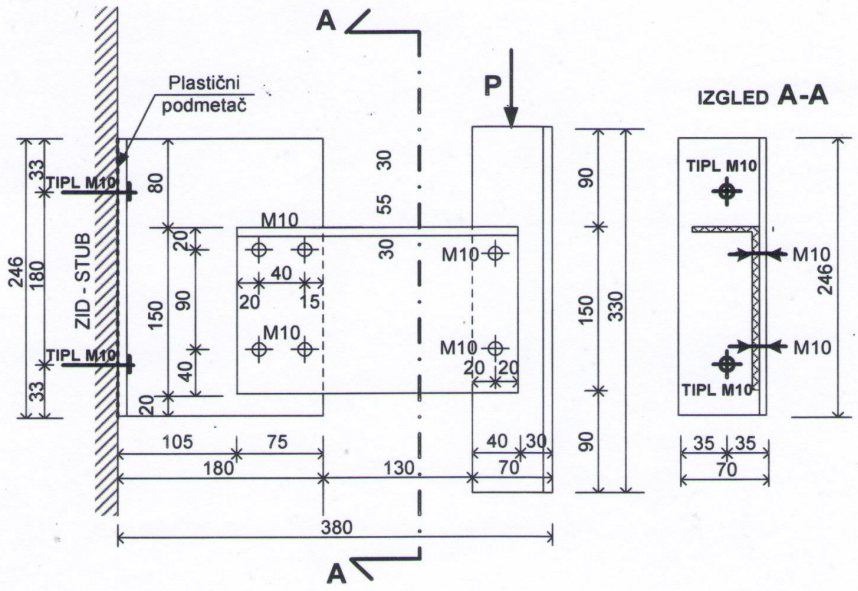
3. ISPITIVANJE SKLOPA N.40.3



Slika 6. Sklop N.40.3

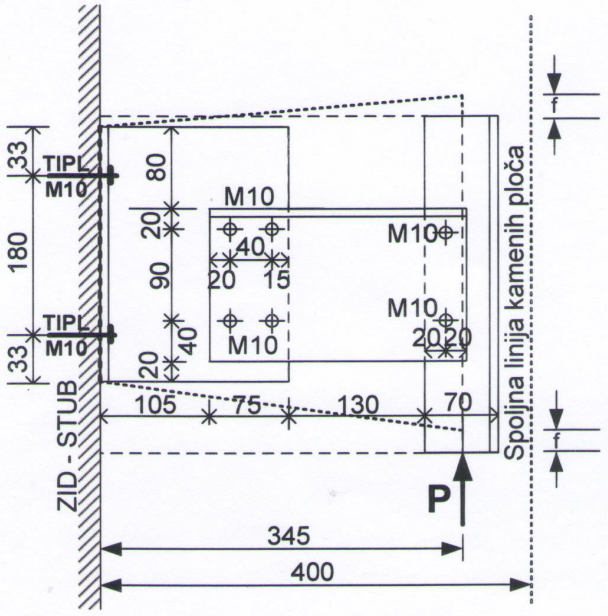
Eksperimentalno ispitivanje elementa aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" - sklopa N.40.3 - prikazanog na slici 6, sprovedeno je na detalju tog sklopa prikazanom na slici 7, pri čemu je težište ispitivanja bilo na definisanju "otkaza" predmetnog elementa pod dejstvom sile **P**. Za ovaj "otkaz" je pretpostavljeno da može da nastupi na dva načina:

- "otkazivanjem", odnosno "izvlačenjem" primenjenog ankera-tipla M10 izloženog zatezanju, ili
- lomom, odnosno neprihvatljivim deformacijama nekih delova aluminijumskog konstrukcijskog sklopa.



Slika 7. Detalj elementa sklopa koji je eksperimentalno ispitivan

Eksperimentalno ispitivanje elementa aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" prikazanog na slici 7 sprovedeno je prema dispoziciji prikazanoj na slici 8, pri čemu su na istoj slici data i neophodna objašnjenja u vezi sa predmetnim ispitivanjem.



Krak sila u fazi kada se dostigne sila P_{gr}:
$z \approx 0,18 + 0,035/2 \approx 0,1975m$
$z \approx 0,20m$

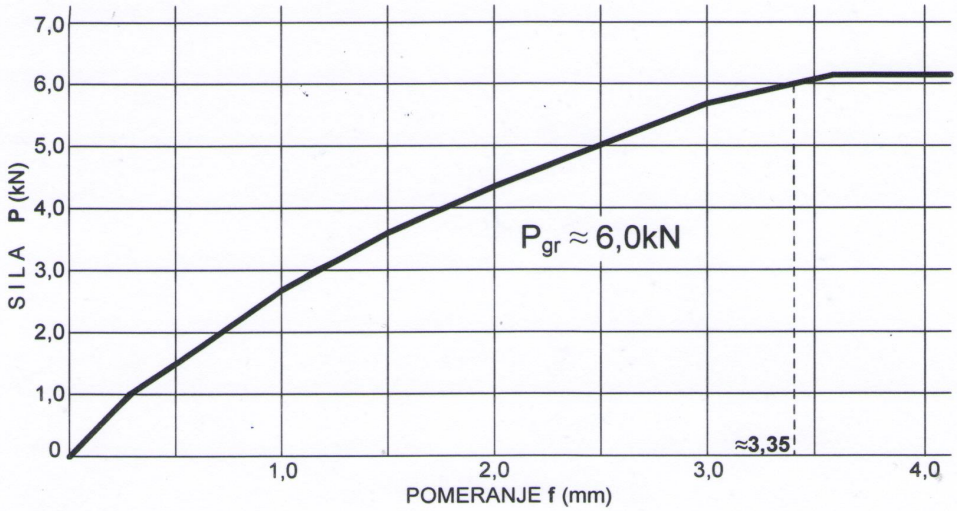
Sila u tiplu koja odgovara P_{gr}:
$Z_{tipl} = 0,345xP_{gr}/0,20$
$Z_{tipl} = 1,725xP_{gr}$
Z_{tipl} =1,725x6,0 = 10,35kN

Sila P se aplicira putem hidrauličke prese, a njen intenzitet se registruje preko dinamometra!

Ugib f se meri mehaničkim ugibomerom!

Dozvoljena sila u tiplu je 8,50kN

Slika 8. Dispozicija ispitivanja



*Slika 9. Rezultat ispitivanja - zavisnost između siile **P** i pomeranja f*

Slika 10. Snimak načinjen prilikom ispitivanja

Na osnovu ispitivanja sprovedenog prema dispoziciji na slici 8 na dva identična uzorka-epruvete, čiji su rezultati u vidu srednjih verednosti prikazani na slici 9 u vidu dijagrama *Zavisnost između siile **P** i pomeranja **f***, mogu se formulisati sledeći zaključci:

- otkaz ispitivanih elemenata ispoljen je u vidu njihovih neprihvatljivih deformacija u bočnom smislu, kada konstrukcije, nakon dostizanja sile $\mathbf{P_{gr}}$ od cca 6,0 kN, u toku ispitivanja više nisu bile u stanju da prihvate povećanje sile; pri dostrignutoj sili $\mathbf{P_{gr}} \approx 6{,}0$ kN u daljem je bilo moguće samo registrovanje povećanja deformacija **f** vertikalnog ugaonog profila 70x50x4 dužine 330mm, koji je uz dostignutu silu $\mathbf{P_{gr}}$ "bežao u stranu", što je bilo praćeno povećanjem deformacije **f**,

- ako se kao granična sila koju dati konstrukcijski element može da prihvati usvoji sila $\mathbf{P_{gr}} = 6{,}0$ kN, toj sili će odgovarati sila zatezanja u tiplu M10 $\mathbf{Z_{tipl}} = 10{,}35$ kN (videti sl. 8), koju silu je dati tipl pri ispitivanju bez ikakvih deformacija "izvlačenja" u potpunosti prihvatio,

- s obzirom da je u konkretnom slučaju reč o ankeru-tiplu proizvođača *Fischer*, čija dozvoljena nosivost na zatezanje prema katalogu proizvođača iznosi 8,50 kN, proizilazi da u slučaju ispitivanog elementa ostvarena sila u tiplu premašuje deklarisanu dozvoljenu vrednost za svega oko 10,35/8,50 = 1,22 (cca 22%), na osnovu čega proizilazi da primenjeni tiplovi M10 nisu ograničavajući faktor u smislu mogućnosti opterećivanja konstrukcijskog elementa prikazanog na slici 1,

- proračun sile u ankeru-tiplu prikazan u okviru slike 8 sproveden je sa krakom sile **P** od 345mm, mada taj krak u praksi može da iznosi 400mm, s obzirom na meru koja se odnosi na spoljnu liniju kamenih ploča na fasadi; ako se uzme u obzir ta činjenica, sili $\mathbf{P_{gr}}$ će odgovarati sila u tiplu $\mathbf{Z_{tipl}} = (0{,}4/0{,}20)\text{x}6{,}0 = 12{,}00$ kN, pa će u tom slučaju ostvarena sila u tiplu biti veća od deklarisane dozvoljenu vrednost za oko 12,00/8,50 = 1,41 (cca 41%), na osnovu čega proizilazii da primenjeni tiplovi M10 nisu ograničavajući faktor u smislu mogućnosti opterećivanja konstrukcijskog elementa prikazanog na slici 7,

- uzimajući u obzir sve rečeno, proizilazi da ispitivani element može da prihvati silu $\mathbf{P_{gr}} \approx 6{,}0$ kN pri kojoj dolazi do otkaza - bočne nestabilnosti - samog aluminijumskog sklopa (konstrukcije), pa shodno tome dozvoljenu vrednost sile **P**, odnosno silu $\mathbf{P_{doz}}$, u konkretnom slučaju treba definisati polazeći od odgovarajućeg faktora sigurnosti.

Sprovedeno ispitivanje, osim napred već pomenutih i analiziranih slika, ilustruje se i slikom 10 - snimkom načinjenim prilikom ispitivanja.

Izveštaj sastavili:

Prof. dr Mihailo Muravljov, dipl.građ.inž.

Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.građ.inž.

- KRAJ IZVEŠTAJA –

Izveštaj se može umnožavati samo u celosti, a pojedini delovi izveštaja samo uz odobrenje Laboratorije za materijale Instituta za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta.